

Saimaan ammattikorkeakoulu  
Tekniikan koulutusala Lappeenranta  
Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Infratekniikka, maa- ja kalliotekniikka

Joonas Talka

## **Mustolan satama-alueelle haudatun alumiinikuonan jatkotoimenpiteet**

Opinnäytetyö 2015

## Tiivistelmä

Joonas Talka

Mustolan sataman haudatun alumiinikuonan jatkotoimenpiteet, 40 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka, Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infratekniikka, maa- ja kalliotekniikka

Opinnäytetyö 2015

Ohjaajat: tuntiopettaja Eija Mertanen, Saimaan ammattikorkeakoulu, suunnittelupääällikkö Pentti Multaharju, Lappeenrannan kaupunki

Tässä opinnäytetyössä tarkasteltiin Lappeenrannan Mustolan satama-alueelle haudatun alumiinikuonan jatkotoimenpiteitä ympäristövaikutusten ja kustannusten näkökulmasta. Tarkoituksena oli löytää jatkotoimenpidevaihtoehdoista paras kompromissi alumiinikuonasta ympäristöön kohdistuvien haittavaikutusten minimoinnin ja kustannusten välillä. Työ tehtiin Lappeenrannan kaupungille vastineena Lappeenrannan seudun ympäristötoimen Lappeenrannan kaupungille asettamalle toimenpidevaatimukselle.

Opinnäytetyön alumiinikuonaa ja sen aiheita yleisesti käsittelevä teoriaosuus on koottu internet- ja kirjallisuuslähteistä. Työssä on hyödynnetty laajalti myös Lappeenrannan kaupungin valmista aineistoa sekä kaupungin henkilökunnan ja ulkoisten asiantuntijoiden tietoa Mustolan alumiinikuonasta. Empiriaosuus koostuu täysin eri toimenpidevaihtoehtojen sisällön ja kustannusten analysoinnista.

Lopputuloksena saatiin selville realistisimmat harkittavat toimenpidevaihtoehdot rajaamalla olemassa olleista vaihtoehdoista pois kaikkein epäjohdonmukaisimmat ja riskialttiimmat.

Asiasanat: alumiinikuona, vaarallinen jäte, kustannusarvio, ympäristövaikutukset, toimenpidetarkastelu

## **Abstract**

Joonas Talka

The future actions for buried aluminium slag in the port of Mustola, 40 pages

Saimaa University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Degree Programme in Construction Engineering

Specialisation in Civil Engineering

Bachelor's Thesis 2015

Instructors: Ms Eija Mertanen, Lecturer at Saimaa University of Applied Sciences, Mr Pentti Multaharju, Planning chief at Lappeenranta City

The purpose of the study was to examine the possibilities for the future actions for buried aluminium slag in Lappeenranta port of Mustola. The aim was to examine the possibilities from the perspective of both environmental impact and cost estimate to find the best compromise between these two main factors. The work was carried out for Lappeenranta city due to the requirement for actions regarding the Mustola aluminium slag given by Lappeenranta Region's Environmental Office to the Lappeenranta city.

The theoretical part of this thesis is based on literature and the Internet sources that deal with aluminium slag and its substances. The existing material of Lappeenranta city regarding the aluminium slag was also widely used along with the assistance of city's personnel and various professionals. The empirical part focuses exclusively on the contents and the cost of different action possibilities.

As the outcome of the thesis there are the most realistic future action possibilities for the aluminium slag. This was achieved mainly by eliminating the most self-conflicting and risky possibilities.

Keywords: aluminium slag, hazardous waste, cost estimate, environmental impact, examination of action possibilities

## Sisälllys

1	Johdanto.....	5
2	Kohteen yleiskuvaus.....	5
2.1	Historia.....	5
2.2	Nykytila.....	6
2.3	Kentän tekniset ja rakenteelliset ratkaisut.....	8
2.4	Ympäristö ja olosuhteet.....	10
2.5	Toimenpideselvityksen tarve ja tausta.....	11
3	Alumiinikuona ja sen aineet teorian näkökulmasta.....	12
3.1	Alumiini ja alumiinikuona yleisesti.....	12
3.2	Alumiinikuonan terveysvaikutukset.....	13
3.3	Alumiinikuonan muut aineet.....	14
3.4	Alumiinikuonan ympäristövaikutukset.....	14
3.5	Mustolan alumiinikuonan kaatopaikkakelpoisuus ja riskinarvio.....	15
4	Alumiinikuonan jatkotoimenpideselvitys.....	17
4.1	Alumiinikuonan hävittäminen.....	18
4.1.1	Toimenpiteiden sisältö.....	19
4.1.2	Kustannukset.....	20
4.2	Alumiinikuonan vesieristäminen.....	24
4.2.1	Toimenpiteiden sisältö.....	25
4.2.2	Kustannukset.....	26
4.3	Alumiinikuonan suotovesien ohjaaminen muualle.....	27
4.3.1	Toimenpiteiden sisältö.....	28
4.3.2	Kustannukset.....	29
4.4	Alumiinikuonan säilöminen muualle.....	30
4.4.1	Toimenpiteiden sisältö.....	32
4.4.2	Kustannukset.....	33
5	Yhteenveto ja pohdinta.....	34
	Taulukot.....	37
	Kuvat.....	37
	Lähteet.....	38

# 1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön aiheena on tutkia Mustolan satama-alueelle haudatun alumiinikuonan jatkotoimenpidemahdollisuuksia. Tarkemmin sanottuna tämä käsittää kohteen alumiinikuonan nykyolosuhteiden tutkimista ja toimenpidemahdollisuuksien vertailua sekä ympäristövaikutusten että kustannusten valossa. Työssä tilannetta tutkitaan Lappeenrannan kaupungin sekä Lappeenrannan seudun ympäristötoimen intressien mukaisesti, jotta löydetään paras mahdollinen kompromissi sekä talouden että lopputulosten vaikutusten näkökulmasta.

Työtä tehdään pääasiassa aineistoon pohjautuvana päättely-, havainnointi- ja laskentatyönä. Kustannustietojen ollessa pääasiassa julkista ja laskennallista tietoa on kustannusten asettamien rajojen ja mahdollisuuksien tutkiminen lähinnä laskentatyötä, siinä missä ympäristövaikutusten tutkiminen on taas enemmän teoriaan ja paikallisiin tutkimustuloksiin pohjautuvaa päättelytyötä.

## 2 Kohteen yleiskuvaus

### 2.1 Historia

Mustolan satamaan haudattu 3000 tonnin suuruinen alumiinikuonaerä on päätynyt alueelle alun perin Venäjältä (silloiselta Neuvostoliitolta) vuonna 1990 belgialaisen Beck-Sommer Groupin tuomana. Vuoteen 1993 asti kuonaerää säilytettiin Mustolassa olevassa hallissa, jonka jälkeen se myytiin suomalaiselle TGTS Oy:lle. (1, s. 1.)

TGTS Oy yritti jatkojalostaa kuonaa, mutta alhaisen alumiinipitoisuuden vuoksi tässä ei onnistuttu. Näin ollen myöskään jälleenmyyntiyritykset eivät onnistuneet. Edellä mainittujen seikkojen sekä kuonan aiheuttamien, jo tuolloin tunnistettujen ja tutkittujen, selkeiden ympäristöhaittojen johdosta alumiinikuonasta oli hankkiuduttava eroon. Tässä vaiheessa TGTS Oy ei kuitenkaan tunnustanut alumiinikuonan ostanutta henkilöä päätösvaltaiseksi yhtiömieheksi, joten kuonasta virallisesti vastuussa olevaa tahoa ei hetkellisesti löytynyt. Myöhemmin satamalaitos siirsi alumiinikuonan kivihiilisataman läheisyyteen, jossa se oli väliaikaisesti varastoituna kevytpeitteillä suojattuna. (1, s. 1.)

Satamalaitos haki syyskuussa 1995 Lappeenrannan kaupungin ympäristölautakunnalta lupaa ”poikkeuksellisen tapahtuman johdosta syntyneen jätteen hävittämiseksi” (1). Toimenpiteenä hakemuksessa esitettiin alumiinikuonan sijoittamista satamakenttään osaksi varastokentän massanvaihtoa ja rakennekerroksia. Ympäristölautakunta hyväksyi ehdotuksen ja määräsi silloisen jätelain nojalla alumiinikuonan käsiteltäväksi pääpiirteittäin esityksen mukaisesti. (1, s. 2.)

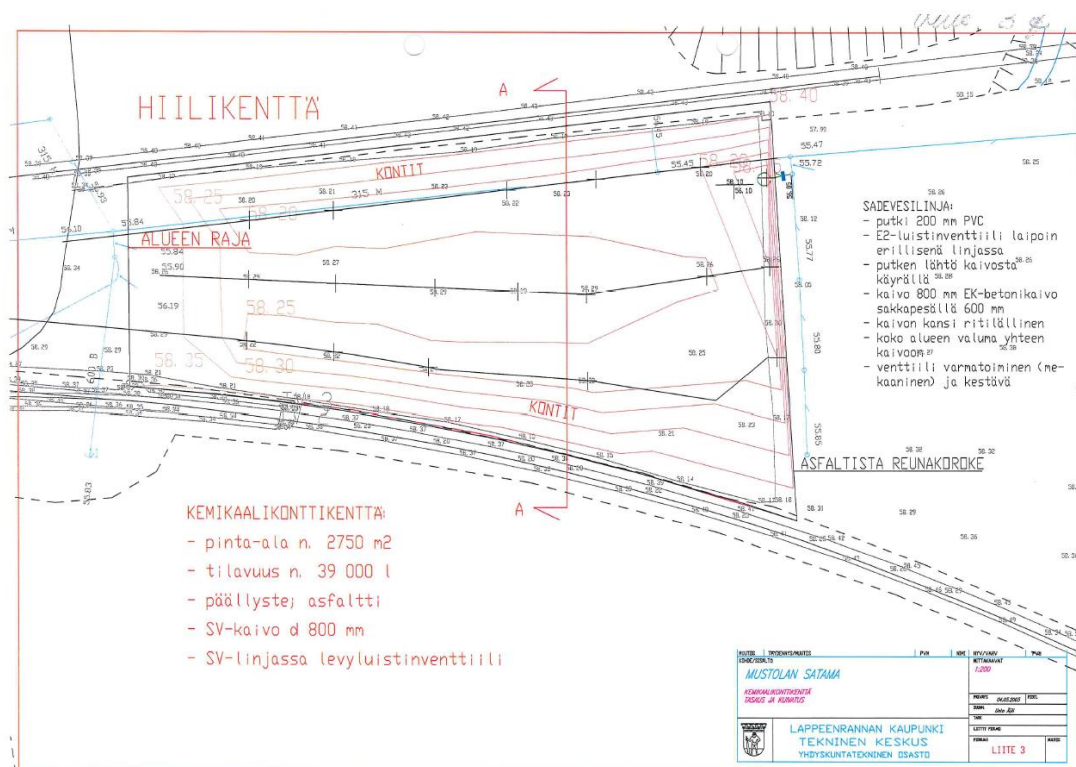
Vuonna 2005 Lappeenrannan kaupunki laati alumiinikuonan sijoituspaikkana toimivalle niin sanotun kemikaalikonttikentälle uuden kuivatussuunnitelman ja päivitti Mustolan sataman vesitarkkailusuunnitelmaa. Kuivatusta parannettiin muotoilemalla kuonan päällä olevan asfalttikerroksen tasaus uudelleen laakeaksi altaaksi ja rakentamalla kenttään alueen runkolinjaan liitetty hulevesikaivo. Vuonna 2005 tehdyt toimenpiteet juonsivat Itä-Suomen ympäristölupaviraston 7.11.2003 antaman Mustolan sataman ympäristölupapäätöksestä ja sen määräyksistä. (2, s. 22–24.)

## **2.2 Nykytila**

Alumiinikuona on ollut haudattuna vuodesta 1995 Mustolan satamaan Lappeenrannan kaupungin omistaman ja Teknisen toimen Kadut ja Ympäristö -osaston hallinnoiman kemikaalikonttikentän rakenteisiin. Kemikaalikonttikentällä viitataan kuvassa 1 näkyvällä paikalla Mustolan satamassa olevaan kenttään, joka on alueena hieman ristiriitainen. Itse konttien säilytysalue rajautuu asfalttikenttään kuvan 2 mukaisesti, mutta kentästä ei löydy tarkkoja, yksiselitteisiä, suunnitelmakuvia rakentamisajalta vuosilta 1995 tai 1996, joista kävisi ilmi alumiinia rakenteissaan sisältävän kentäneläen sijainti ja koko. Alueen rajoja ja kokoa selvittäessä oli siis yhdisteltävä tietoa kaupungin Teknisen toimen arkiston materiaaleista, joista suurin osa oli vuoden 2005 ajan kuivatussuunnitelmia tai 90 -luvun suunnitelmaluonnoksia.



Kuva 1. Alumiinikuonakentän sijainti Mustolan sataman ilmakuvassa.



Kuva 2. Mustolan sataman kemikaalikonttikentän kuivatus ja taseaus.

Kemikaalikonttikentän taseaus- ja kuivatussuunnitelmapäiväkirjasta vuodelta 2005, kuva 2., näkyvät selkeästi koko kemikaalikonttikentän rajat sekä pinta-ala. Koko kemikaalikonttikentän pinta-ala on noin 2750 m<sup>2</sup> ja sen alumiinia rakenteissaan sisältävä alan oletetaan olevan noin 1300 m<sup>2</sup>. Tämä päätelmä perustuu kuonan

alkuperäisen luonnossijaintikartan (1, s. 4) ja nykyisen verkostokartan perusteella tehtyihin johtopäätöksiin ja pinta-alalaskelmiin. Lappeenrannan kaupungin suunnittelurakennusmestari Unto Äijön mielikuvat suunnittelutyön ajalta tukevat tätä tulkintaa samoin kuin FCG Suunnittelu ja Tekniikka Oy:n (myöhemmin FCG) Päivi Turtian johtopäätökset. FCG:n Turtian laatima riskinarvion liitteenä oleva karttakuva asiasta perustuu samoista tiedoista lähtöisin oleville johtopäätöksille alumiinikuonan sijoittumisesta alueelle (3).

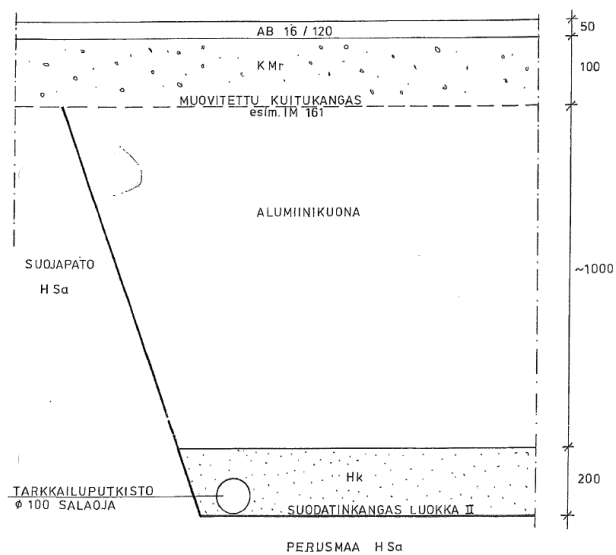
Konttikentän alue on pidetty vapaana pysyvistä rakennuksista, sillä vuoden 1995 ympäristölautakunnan päätöksen kaltaisesti vuonna 2003 annettu voimassa oleva ympäristölupapäätös määrää konttikentän käytettäväksi ainoastaan vaarallisia kemikaaleja, kuten natriumklooraattia ja vetyperoksidia, sisältävien kuljetuskonttien säilyttämiseen. Kenttää käytetään siis ainoastaan sataman läpi kulkevien kemikaalikonttien tilapäiseen säilytykseen.

### **2.3 Kentän tekniset ja rakenteelliset ratkaisut**

Alumiinikuona on kemikaalikonttikentän määräävänä rakenteena niin, että se sijoittuu arviolta 1300 m<sup>2</sup> alalle noin metrin paksuisena kerroksena. Kuonakerros on asetettu rakenteisiin kerroksittain tiivistäen ja sen pinta on muotoiltu niin, että hulevedet valuvat pois kerroksen päältä. Kuonakerroksen päällä ovat pinta-kerroksena 50 mm vahvuinen päällysasfalttikerros AB 16/120, kantavana kerroksena (leikkauspiirustus numero 4-108 perusteella) 100 mm tai (jätelain 55 §:n mukaisen päätöksen perusteella) 200 mm vahvuinen kalliomurskekerros vaaditulla proctortiiveydellä 95 sekä kuonan ja pintakerrokset toisistaan erottava muovitettu kuitukangas, joka läpäisee vettä (4, s. 5). Kuonakerroksen alla taas on 200 mm paksuinen suodatinkerros hiekkaa sisältäen salaojaputkituksen halkaisijaltaan (leikkauspiirustus numero 4-108 perusteella) 100 mm tai (jätelain 55 §:n mukaisen päätöksen perusteella) 110 mm salaojaputkesta. Koko kentän rakenteita ympäröi pohjamaan hienorakeisesta savesta koostuva patoseinä, joka on alun perin suunniteltu vedenpitäväksi. Suodatinkerros on erotettu VTT-GEO 93 -standardin mukaisen käyttöluokan 2 suodatinkankaalla hienorakeisesta savesta koostuvasta pohjamaasta ja patoseinämästä. (1, s. 2, 5)



Rakenteet on esitetty selkeimmin kuvassa 3. ja kantavan kerroksen paksuuden sekä salaojaputken halkaisijan kohdalla ne eroavat Lappeenrannan kaupungin silloisen ympäristölautakunnan vuonna 1995 antaman Jätelain 55 §:n mukaisessa päätöksessä annetuista suunnitelmavaatimuksista (1, s. 2). Jätelain 55 §:n mukainen päätös poikkeuksellisen tapahtuman johdosta syntyneen jätteen hävittämiseksi on kuitenkin annettu hieman leikkauskuvaa myöhemmin, joten sen tiedot pitänevät todennäköisemmin paikkansa.



MUUTOS	TÄYDENNYS / MUUTOS	PVM	NIMI	HYVÄKSI MITTAAVAT	PVM
KOHDE/SALVO				1:10	
MUSTOLAN SATAMA					
Alumiinikuonan sijoitusratkaisu				PÄIVÄYS 12.9.1995	Piir. GAS
Leikkaus				SUUNN. EPe	
				TARK.	
				LITTYY PIIR. NO	
				PIIR. NO	MUUTOS
				4-108	

Kuva 3. Mustolan sataman alumiinikuonakentän leikkauskuva.

Vuonna 2005 kemikaaleja sisältävien konttien säilytykseen tarkoitettu kenttä on käyttötarkoituksensa luonteen vuoksi muotoiltu tasaukseltaan uudestaan. Rakentamisestaan asti vuoteen 2005 kentältä puuttui hulevesikaivo, jonka vuoksi sadevedet valuivat kentän reunalle maa-aineksen päälle ja imeytyivät tätä kautta kentän rakenteisiin. Vuonna 2005 Lappeenrannan kaupunki suunnitteli ja toteutti kentän uuden tasauksen, jolloin kenttä muotoiltiin laakean, matalan, altaan muotoon ja siihen rakennettiin halkaisijaltaan 800 mm hulevesikaivo, joka liitettiin alueen läpi kulkevaan runkolinjaan. Tällä toimenpiteellä pyrittiin saamaan

kentälle kunnollinen kuivatus sekä vähentämään ympäristölle koituvan vahingon riskiä mahdollisen kentällä säilöttävässä kontissa tapahtuvan vuodon sattuessa. Kentän allastuksen tilavuus on yhteensä noin 39 000 litraa (5, s. 6) ja Lappeenranta Free Zone Oy:n satamavalvoja Jukka Nikun mukaan mitoitus perustuu yhden ISO-standardin mukaisen 20 jalan nimellispituuden omaavan rahtikontin tilavuuteen, eli noin 32 m<sup>3</sup>:n (6), jonka verran allasmaiselle kentälle on vähintään mahdollista vuotamaan kemikaaleja ilman, että vuotavaa ainetta valuu päällysteasfaltin korokereunojen yli ympäröivään maaperään. Tämän järjestelyn myötä myös hulevedet saadaan ohjattua hulevesikaivon kautta asianmukaisesti pois kentältä.

Mahdollista kemikaalivuototilannetta varten kentän kuivatusjärjestelmän osaksi on rakennettu myös levyluistinenttiili (sulkuventtiili), jolla pystytään sulkemaan väliaikaisesti kentän normaalin hulevesikuivatuksen reitti, joka kulkee kentän ainoalta hulevesikaivolta runkolinjan kokoomakaivon kautta purkuojaan. (5, s. 6)

Kentän sadevesihuoltojärjestelyihin kuuluu myös suodatinkerrokseen rakennettu salaojaputkisto, joka purkaa konttikentän itäpäädyssä oleviin suoto-vesikaivoihin (1, s. 2). Suoto-vesikaivoja on kaikkiaan neljä ja Jukka Nikun kanssa käydyn keskustelun perusteella ne ovat yhteydessä toisiinsa. Suoto-vesikaivoista ensimmäinen, eli pohjoisin, on yhteydessä runkolinjan kokoomakaivon, josta runkolinja purkaa vedet edelleen purkuojan kautta läheiseen Saimaan kanavaan. Jukka Nikun mukaan suoto-vesikaivojen ja kokoomakaivon välinen yhteys on ollut käytännössä jatkuvasti tulpattuna alumiinikuonakentästä kaivoihin kertyvän suotoveden laadun tutkimista varten. Tulppauksella on myös pyritty ehkäisemään mahdollinen haitta-aineiden päätyminen purkuojan kautta ympäristöön ja Saimaan kanavaan.

Kentän kuivatussuunnitelma perustuu sadevesien osalta yhteen hulevesikaivon, joka on mitoitettu kentän laskennalliselle sadevesivirtaamalle 30 l/s (5, s. 5).

## **2.4 Ympäristö ja olosuhteet**

Kemikaalikonttikentän alueen maaperä on savimaata (1, s. 2), jossa luonnostaan esiintyy hieman alumiinia. Kallioperän syvyydestä alueella ei ole tietoa.

Satama-alue ei ole luokiteltua pohjavesialuetta. Lähin pohjavesialue sijaitsee noin 3 km koilliseen Joutsenonkankaalla (4, s. 6). Vuoden 2014 keväällä, kesällä ja syksyllä tehdyn tehostetun vesientarkkailun mukaan alumiinikuonakentän suotovesikaivojen vedenpinta on keskimäärin noin 0,9 m maanpinnasta alas-päin (4, s. 6). Alumiinikuona on siis suurelta osaa veden alla ja tämä tulee ottaa huomioon mahdollisessa kaivutyössä. Orsivedestä ei ole tarkkaa tietoa, mutta sen voidaan olettaa virtaavaan lähimmän vapaan vedenpinnan, 100 metrin päässä kentän pohjoispuolella sijaitsevan Saimaan kanavan, suuntaan (4, s. 6).

Saimaan kanava on Lappeenrannan kaupungin virallisen kartta-aineiston perusteella tehdyn mittauksen mukaan Lappeenrannan alueella keskimäärin 60 metriä leveä ja se on enimmillään 6 metriä syvä (7, s. 6) laivaliikenteen väylä Saimaan vesistön ja Venäjän puoleisen Suomenlahden välillä. Alumiinikuonan suotovedet johdetaan purkuojaan, joka johtaa pumppaamon kautta Saimaan kanavaan. Purkuoja kerää myös muita vesiä alueelta, joka laimentaa suotovesistä tulevia haitta-ainepitoisuuksia. Ojavesien purkautuessa kanavaan vesi laimenee entisestään. Saimaan kanavassa ei ole virtausta kuin laivaliikenteen sulkujen käytön yhteydessä. (4, s. 14.)

## **2.5 Toimenpideselvityksen tarve ja tausta**

Mustolan sataman vesientarkkailusuunnitelman mukaisesti tarkkailunäytteenotot suoritetaan kahdesti vuodessa, keväällä huhti-toukokuussa ja syksyllä syys-lokakuussa. Tarkkailujen yhteydessä (8, s. 3) vuoden 2013 lopulla huomattiin haitta-ainepitoisuuksien nousseen. Alumiinipitoisuus oli kaikissa näytteenottopisteissä selvästi vuoden 2008 näytteiden keskiarvoa  $420 \mu\text{g}/\text{m}^3$  korkeampi sen ollessa korkeimmillaan kuonakentän suotovesi- ja näytteenottokaivojen alapuoleisen purkuojaosuuden mittauspisteessä, jossa veden alumiinipitoisuus oli noin  $12000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Arvoa pidettiin reilusti turvallisen rajan ylittävänä pitoisuutena. Erillisessä asiaan liittyneessä kokouksessa sovittiin Lappeenrannan seudun ympäristötoimen ja Lappeenrannan kaupungin kesken, että kaupungin kadut ja ympäristö -osasto tulisi tekemään 28.2.2014 mennessä esityksen toimenpiteistä alumiinikuonan pitämiseksi tulevaisuudessa ympäristölle vaarattomana. (9, s. 1.)

Helmikuussa 2014 sovittiin opinnäytetyön tekijän ja kaupungininsinööri Pasi Leimin välisesti, että kaupunki tulisi esittämään toimenpiteeksi alumiinikuonan jatkotoimenpidevaihtoehtojen tutkimista talouden ja ympäristövaikutusten välisen parhaan mahdollisen kompromissin löytämiseksi. Työ sovittiin tehtävän opinnäytetyön muodossa ja asia hyväksyttiin eri osapuolien kesken 18.2.2014 järjestetyssä kokouksessa (10).

Syksyn 2013 näytteenottokerran poikkeuksellisen suuren alumiinipitoisuuden arveltiin johtua myös muualta sataman alueelta hulevesiin päässeestä alumiinista. Vaikka pitoisuudet palasivat seuraavassa näytteenotossa 19.2.2014 muiden näytteiden tasolle (11, s. 2), niin tästä huolimatta konkreettisille toimenpiteille nähtiin edelleen tarve. Sääolosuhteiltaan kuivan kesän jälkeen syksyllä 2014 suotovesikaivojen vedestä otettujen näytteiden perusteella olivat alumiinikuonasta johtuvat haitta-ainepitoisuudet jopa kasvaneet aiempaan helmikuun näytteenottoon verrattuna (11, s. 2).

### **3 Alumiinikuona ja sen aineet teorian näkökulmasta**

#### **3.1 Alumiini ja alumiinikuona yleisesti**

Alumiini on maankuoren kolmanneksi yleisin alkuaine ja samalla sen yleisin metalli maankuoren sisältäessä 8 % alumiinia. Alumiini esiintyy luonnossa ainoastaan yhdisteissä, yleisimmin bauksiittimalmissa, joista sitä eristetään alkuaineenä. Sen keveys suhteessa sen lujuuteen sekä monet muut ominaisuudet, kuten korroosiokestävyys, tekevät siitä erittäin käyttökelpoisen metallin monissa teollisuuden ja logistiikan sovelluksissa. Verrattuna vastaavat lujuusominaisuudet omaavaan teräspalkkiin on alumiinipalkin paino noin puolet teräspalkin painosta riippuen teräslaadusta. (12.)

Alumiini on todennäköisimmin eroteltu bauksiittimalmista, sillä suurin osa alumiinista saadaan tällä menetelmällä. Alumiinioksidi liuotetaan jauhetusta bauksiittimalmista lipeään ja puhdistetaan, jonka jälkeen alumiinioksidi pelkistetään elektrolyysiprosessissa 950 °C lämpötilassa kryoliittiliuoksella. Pelkistetty alumiini viedään edelleen valimoon, jossa sulaan alumiiniin lisätään seosaineita ja poistetaan epäpuhtauksia. Itse kuona voi olla lähtöisin bauksiitin käsittelystä,

elektrolyysistä, valimosta tai alumiinin valusta. Joka tapauksessa alumiinikuona on pyrometallurgisessa jalostustoimenpiteessä syntyvää sivutuotetta, joka sisältää jalostettavasta aineesta varsinaiseen lopputuotteeseen kuulumattoman aineksen. (4, s. 5.)

Mustolan alumiinikuona on aiemmin todetun mukaisesti levitetty noin 1300 m<sup>2</sup>:n alueelle noin metrin paksuisena kerroksena. Tämä tekee alumiinikuonan tilavuudeksi noin 1300 m<sup>3</sup>. Tämän kokoisen alumiinikuonamäärän ollessa painoltaan noin 3000 tonnia tulee alumiinikuonan ominaispainoksi noin 2308 kg/m<sup>3</sup>.

### **3.2 Alumiinikuonan terveysvaikutukset**

Alumiini itsessään ei ole erityisen vaarallinen ihmisen terveydelle ruoansulatusjärjestelmän kautta elimistöön päätyneenä. Tästä huolimatta Euroopan ruokaturvallisuusvirasto EFSA on kuitenkin asettanut ylärajan alumiinin saannille 1 milligrammaan painokilogrammaa kohti viikossa (13), joka tekee 70 kg painavalle ihmiselle 70 mg viikossa, eli 10 mg päivässä. EFSA:n mukaan eri maissa tehdyissä tutkimuksissa on havaittu elintarvikeperäisen alumiinin saannin poikkeavan suuresti eri ihmisillä. Aikuisten alumiininsaanti on tutkimusten mukaan vaihdellut keskimäärin 0,2 - 1,5 milligramman välillä ja lasten sekä nuorten saanti taas 0,7 - 2,3 milligramman välillä (molemmat arvot painokiloa kohti viikossa) (14).

Elintarvikeperäisen alumiinisaannin sijaan työnteon yhteydessä tapahtunut pitkäaikainen altistuminen etenkin hengitysilmassa keuhkojen kautta kehoon päätyneille suurille alumiinimäärille voi olla haitaksi terveydelle aiheuttaen esimerkiksi hermostosairauksia (15).

Mustolan alumiinikuonan alumiinipitoisella suotovedellä ei ole suoranaisia terveysvaikutuksia lähialueen asukkaille tai työntekijöille, sillä ihmiset eivät ole tekemisissä veden kanssa (4, s. 13). Lähialueella ei ole luokiteltuja pohjavesialueita. Kalastamista Saimaan kanavassa harjoitetaan paikallisten mukaan lähinnä Kanavansuun ja Lauritsalan kaupunginosissa Saimaan kanavan suulla, kun taas Mustolan sataman alueella ja siitä alajuoksuun kalastamisen voidaan olettaa olevan hyvin vähäistä tai olematonta satamatoiminnan vuoksi (4, s. 14).

### **3.3 Alumiinikuonan muut aineet**

Alumiinikuona sisältää alumiinin lisäksi myös ammoniumtyyppiä, joka on luonnonvesissä luontaisesti pienissä määrin esiintyvä ravinneaine. Ammoniumtyyppiä syntyy eloperäisen aineksen hajotessa ja seurauksena kasvien käyttäessä nitraattityyppiä ravinteeksi. Suurissa määrin esimerkiksi maatalouden lannoitteista tai jätevesien mukana vesistöön päätyessään ammoniumtyppi aiheuttaa vesistöjen rehevöitymistä (16, s. 9). Mustolan alumiinikuonan suotovesissä ammoniumtyypin pitoisuudet ovat näytteiden perusteella seuranneet alumiinin pitoisuuksia, joten on syytä olettaa ammoniumtyypin olevan peräisin juuri alumiinikuonasta (4, s. 13). Ammoniumtyppi todennäköisesti hapettuu ojassa nitraattitypeksi (16, s. 9), sillä ojavesitarkkailussa sen pitoisuus ojan loppupäässä oli merkittävästi alkupään pitoisuutta alhaisempi (4, s. 14). Nitraattityppi on ammoniumtyypin kaltainen epäorgaaninen ravinneaine, joksi ammoniumtyppi muuttuu nitrifikaatioreaktiossa nitriittityypin kautta (16, s. 9).

Kuonassa esiintyy myös muita haitta-aineiksi luokiteltavia aineita, kuten fluoria, antimonia, seleeniä, kuparia, molybdeeniä, lyijyä ja nikkeliä, mutta näiden pitoisuudet eivät vuoden 2014 riskinarvion mukaan ole merkittäviä eivätkä ne näin ollen ole pääsyynä toimenpiteille.

### **3.4 Alumiinikuonan ympäristövaikutukset**

Mustolan alumiinikuonasta liukeneva alumiini on haitallista ensisijaisesti Saimaan kanavassa olevan kuonakentän suotovesien purkukohdan sekä sen alajuoksun vesieliöille ja näitä ravintonaan käyttävälle muulle eliöstölle, kuten linnuille. Alumiini rikastuu vesieliöihin ja etenkin kalat kärsivät tästä, sillä alumiini voi saostua kalojen kidusten pinnalle näin tukehduttaen kalat (4, s. 13). Alumiini saostuu kalojen kiduksiin vasta, kun veden pH alittaa 5,5 (17, s. 10), mikä on suhteellisen hapan suomalaisen luonnonveden pH-arvoksi.

Alumiinia ei kuitenkaan Suomessa käsitetä vesiympäristölle haitalliseksi tai vaaralliseksi aineeksi. Aineen haitallisuutta ympäristössä kuvaa Euroopan kemikaa-livirasto ECHAN (European Chemical Agency) asettama arvioitu vaikutuksetto-man pitoisuuden arvo, eli PNEC-arvo (predicted no effect concentration), joka on makeissa vesissä alumiinikloridilla 25 µg/l jatkuvien päästöjen kohdalla ja 74

µg/l jaksottaisten päästöjen kohdalla. Tällaisten arvojen oletetaan siis vielä olevan eliöstölle haitattomia (4, s. 13).

Myös alumiinikuonassa esiintyvä ammoniumtyppi muuttuu pH -arvon kohotessa, eli vesien muuttuessa emäksisemmäksi, kaloillekin myrkylliseksi ammoniakiksi. Tämän riski on olemassa vasta runsaan ammoniumtyypen kanssa veden pH-arvon ollessa yli 8,5 (16, s. 8). Alumiinikuonan suotovesissä esiintyvä ammoniumtyppi kuitenkin hapettuu purkuojaan muualta tulevien laimentavien vesien happipitoisuuden ansiosta nitraattitypeksi. Näiden vesien ansiosta myös veden pH -arvo laskee, eli vesi happamoituu pH -arvoltaan noin 7:ään (4, s. 11), joten vaaraa ammoniumtyypen muuttumisesta ammoniakiksi ei ole.

Mustolan sataman alumiinikuonan suotovesiä vastaanottavan vesistön, Saimaan kanavan, teoreettisen vesimäärän aiheuttamaa laimenemisvaikutusta on merkittävä, mutta sitä on kuitenkin vaikea arvioida täsmällisesti ilman erillistä selvitystyötä. FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy:n Mustolan alumiinikuonan riskinarviossa todetaan suurimpien suotovesissä todettujen haitta-ainepitoisuuksien voivan mahdollisesti haitata Saimaan kanavassa eläviä herkimpiä kala- ja eliölajeja (4, s. 14).

### **3.5 Mustolan alumiinikuonan kaatopaikkakelpoisuus ja riskinarvio**

Mustolan alumiinikuonalle on tehty Lappeenrannan kaupungin tilauksesta Kaatopaikkakelpoisuustestaus Ramboll Analytics Oy:n toimesta vuonna 2008, sillä alumiinikuonalle ilmenevää toimenpidetarvetta osattiin ennakoida. Testaus käsittelee 1.7.2008 Geosaimaa Oy:n ottaman, kuudesta 0,4 - 0,8 m syvyydestä otetusta näytteestä muodostetun, kokoomanäytteen testaamista ja analysointia. Näytteelle tehtiin kokonaispitoisuusanalyysit, liukoisuustesti ja kaksivaiheinen ravistelutesti. (18, s. 1)

Kokonaispitoisuusanalyysit käsittivät seuraavien metallien kokonaispitoisuuksien määritykset: alumiini, antimoni, arseeni, barium, elohopea, kadmium, kromi, kupari, lyijy, molybdeeni, nikkeli, seleeni ja sinkki. Lisäksi määritettiin orgaanisen hiilen kokonaismäärä (TOC, total organic carbon) sekä mineraaliöljyjen (C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>) BTEX-, PAH- ja PCB-yhdisteiden pitoisuudet (18, s. 1). Kokonaispitoisuuksien testauksessa todettiin jätteen sisältävän alumiinia noin 14 % painos-

taan (18, s. 2). Kuparin ja alumiinin kokonaispitoisuudet ylittivät metallien suolahdisteiden vaarallisen jätteen raja-arvot, mutta metallien yhdistemuodosta ei ole varmuutta (18, s. 2).

Näytteen haponneutralointikapasiteetti todettiin tutkimusten perusteella olevan varsin suuri, sillä näytteen pH-arvon todettiin olevan 10,1, joka on emäksinen. (18, s. 3.)

Liukoisuustestien avulla selvitettiin, sisältääkö jäte tai liukeneeko siitä ympäristölle vaarallisia tai haitallisia aineita. Liukoisuustesti suoritettiin kaksivaiheisena ravistelutestinä, jossa noin 100 g näytettä sekoitettiin uuttoastiassa uuttoliukosena käytettyyn ionivaihdettuun veteen L/S -suhteen (jossa L on veden määrä ja S on kontaktissa olleen jätteen määrä) (19, s. 10) ollessa 2. Ensimmäisessä vaiheessa näytettä ravistettiin kuusi tuntia ympäröivässä ravistelijassa, jonka jälkeen näyte suodatettiin 0,45 µm suodattimella. Toinen vaihe käsitti näytteen ravistamisen 18 tunnin ajan ionivaihdetulla vedellä L/S-suhteen ollessa 8. Tämänkin jälkeen näyte suodatettiin 0,45 µm suodattimella. Testin lopuksi suodoksista määritettiin pH-arvo, sähkönjohtavuus, kokonaispitoisuustestissä määritettyjen metallien sekä kloridin, sulfaatin, fluoridin ja ammoniumin liukoisuudet ja liukenevan orgaanisen hiilen määrä (DOC, dissolved organic carbon). (18, s. 1.)

Liukoisuustesteissä liukenevien haitta-aineiden määrät alittivat vaarallisen jätteen kaatopaikalle sijoitettavan jätteen raja-arvot. Tavanomaisen jätteen kaatopaikalle sijoittamisen raja-arvot ylittyivät ainoastaan antimonin liukoisuuden kohdalla. (18, s. 5.)

Kaatopaikkakelpoisuuslausunnon mukaan tultiin johtopäätökseen, että kokonaispitoisuuksien perusteella alumiinikuona on vaarallista jätettä, mikäli kuonan alumiini esiintyy alumiinikloridina ja kupari kuparioksidina tai -kloridina (18, s. 5). FCG Suunnittelu ja Tekniikka Oy:n riskinarviossa vuodelta 2014 Turtia on kuitenkin päätelty, ettei kuonaa olisi tarpeen luokitella vaaralliseksi jätteeksi, sillä kuonasta otettujen näytteiden perusteella sen metallit eivät ole järin vesiliukoisia, mitä kloridit taas ovat (4, s 8). Alumiinin liukoisuus kuonassa on 88 mg/kg (18, s. 9), mutta alumiinin liukoisuudelle ei ole määritetty kaatopaikka- tai ympä-



ristöhaitallisuuden raja-arvoja (4, s. 8). Päätelmästä riippumatta kuonaa kuitenkin kohdeltaneen vaarallisena jätteenä varmuuden vuoksi, jollei asiasta tehdä tarkempaa tutkimusta.

Kaatopaikkakelpoisuuslausunnon perusteella kuonaa on mahdollista sijoittaa myös sellaiselle tavanomaisen epäorgaanisen jätteen kaatopaikalle, jonne on lupa sijoittaa vakaata ja reagoimatonta vaarallista jätettä, mutta tämän ehtona on tapauskohtainen lupaviranomaisen tekemä tavanomaisen jätteen antimonin raja-arvon kohottaminen yli kaksinkertaiseksi, sillä näytteen antimonin liukoisuus oli 1,5, kun tavanomaisen jätteen raja-arvo on 0,7, molemmat L/S-suhteella 10 (18, s. 4-5).

## **4 Alumiinikuonan jatkotoimenpideselvitys**

Toimenpidevaihtoehtoja on kehitetty eri yhteyksissä ja asiaan liittyvien henkilöiden toimesta enimmäkseen vuoden 2014 aikana. Tässä perehdytään näistä vaihtoehtoista realistisimpiin käyden läpi jokaisen jatkotoimenpidevaihtoehdon asetetut tavoitteet, vaihtoehtojen sisältämät kunnostustoimenpiteet mahdollisine optioineen ja kunnostustoimenpiteiden aikaiset ympäristövaikutukset. Lisäksi laaditaan mahdollisuuksien mukaan kustannusarvio.

Tässä työssä mainittavat kustannusarviot ovat ohjeellisia ja hankitut tiedot perustuvat FORE -kustannushallintaohjelmiston valmiisiin, jatkuvasti ohjelmiston tekijän toimesta ajan tasalla pidettäviin maarakentamisen keskiarvohintoihin, asiantuntija-arvioihin sekä alustaviin hintatason tiedusteluihin. FORE-ohjelmistosta on tarkemmin hyödynnetty ROLA-osaa (rakennusosalaskelma).

Esitetyissä kustannusarvioissa on pyritty käyttämään ensisijaisesti hintatasoltaan varsinaista tiettyä toimenpidettä vastaavaa vaihtoehtoa. Tapauksessa, jossa ohjelmiston nimikkeistön valmiista vaihtoehtoista yksikään ei ole osoittautunut soveltuvaksi on nimikkeen valmiita tietoja, kuten hintaa, yksikköä tai nimeä, jouduttu muuttamaan. Muokatut tiedot on kirjoitettu kursivilla, jonka lisäksi muokatun tiedon nimeen on liitetty jokin toimenpiteen todellista merkitystä selventävä selitys. Hintatietojen asiantuntijana toimi tarvittaessa Lappeenrannan kaupungin Teknisen toimen projektipäällikkö Mikko Tamminen. Muilta osin kus-

tannukset perustuvat FORE-ohjelmiston omiin lähtöarvoihin ja ne painottuvat muun työn laajuuden mukaisesti.

Selvitystyön tulosten hyödyntämisen yhteydessä on harkittavan toimenpidevaihtoehdon kustannuksista tehtävä tarkempi arvio. Tällöin on myös huomioitava, että kustannukset sekä ratkaisun sisältämät toimenpiteet voivat poiketa arvioista paljonkin ja lopulliset kustannukset selviävät toimenpidevaihtoehdoista muodostettavien urakkakokonaisuuksien tarjouskilpailujen lopputuloksena.

#### **4.1 Alumiinikuonan hävittäminen**

Jatkotoimenpidevaihtoehdoista ehdottomasti selkein on alumiinikuonan hävittäminen, sillä sen tavoitteet ovat selkeät ja lopputulokset kauaskantoisia. Hävittäminen itsessään voi tarkoittaa jätteen suoraa loppusijoittamista sille soveltuvalla kaatopaikalle, mutta hävittämiseksi mielletään tässä myös jätteen käsittely nykyistä vaarattomampaan tai jopa osin hyödynnettävään muotoon. Lopputulosten kestävyys ja ympäristövaikutusten näkökulmasta hävittämisvaihtoehto on kaikkein tehokkain pitkällä aikavälillä, koska se on ainut vaihtoehto, jonka lopputuloksena alumiinikuona ei tulevaisuudessa aiheuta taloudellista tai muutakaan resurssirasitetta ja sen ympäristöön kohdistuvat haittavaikutukset vähenevät merkittävästi, jolleivät poistu lähes täysin.

Jatkojalostamisen lopputulokset ovat ainakin ympäristönäkökulmasta paremmat kuin suoran hävittämisen kohdalla. Jatkojalostamisessa kuonakäsittelylaitoksella alumiinista erotellaan alumiini jatkokäyttöä varten ja sivutuotteena syntyvä alumiinioksidi sijoitetaan hyödyntämiskelvottomana jätteenä asianmukaiselle kaatopaikalle (20, s. 25). Tehtyjen kyselyjen mukaan Mustolan alumiinikuonan 14 % alumiinipitoisuus on kuitenkin pieni jalostamis- ja hyödyntämismielessä, jonka lisäksi hyödyntämiskelpoisen alumiinin määrää kuonassa ei voi ennalta sanoa, sillä kuonan alumiinin yhdistemuotoja ei tiedetä. Näin ollen osa kuonan alumiinista voi olla alumiinikloridia, joka taas on hyödyntämiskelvotonta vaarallista jätettä (21).

Yhtenä tavoitteena voidaan ajatella olevan alumiinikuonan vastaanottopaikan mahdollisimman läheinen sijainti nykyiseen Mustolan sijoituspaikkaan nähden, jolloin kuljetuksesta aiheutuvat kustannukset ja ympäristörasitteet pysyvät pieninä.

#### **4.1.1 Toimenpiteiden sisältö**

Työtoimenpiteinä hävittäminen käsittää karkeasti alumiinikuonan esiin kaivamisen, kuormaamisen toimitettavaksi sisältäen mahdollisen välivarastoinnin, toimittamisen hävitettäväksi tai jatkojalostettavaksi sekä vanhan sijoituspaikan puhdistamisen, täytön ja muun jälkirakentamisen.

Esiin kaivamisen yhteydessä on syytä huomioida muutama työ- ja ympäristöturvallisuustekijä. Alumiinikuona on alun perin haudattu satamavalvoja Jukka Nikun kanssa käydyn keskustelun perusteella pölyävässä muodossa, joskaan ei ole selvää minkälaisia vaikutuksia vajaan kahdenkymmenen vuoden haudattuna ololla ja jatkuvalla suotovesien huuhtelulla on ollut alumiinikuonan koostumukselle. Kuonan kaatopaikkakelpoisuustestissä saatujen tuloksien mukaan kuonan kuiva-ainepaino on 94 % massasta (18, s. 7), mutta jatkuvasta vesien huuhtelusta johtuen alumiinikuonan voidaan olettaa sisältävän jonkin verran vettä. Tämä tulee ottaa huomioon kuonan mahdollisessa välivarastoinnissa: Välivarastointipaikka on valittava niin, että kuonassa mahdollisesti oleva vesi ja siihen liuenneet haitta-aineet eivät pääse valumaan ympäristöön. Kuonaa ei tule myöskään altistaa sään vaikutukselle, kuten sateelle tai tuulelle mahdollisen läiskastumisen tai pölyämisvaaran vuoksi. Pölyäminen muodostaa ympäristöhaittojen lisäksi myös kuonan yhteydessä työskenteleville henkilöille terveysriskin. Ei siis ole suositeltavaa välivarastoida alumiinikuonaa ulkoilmassa ilman asianmukaista suojausta.

Esiin kaivamisessa tulee ottaa huomioon myös suodatinkerroksen kemiallinen tila ja kerroksen hiekan mahdollinen kontaminoituminen. Alumiinikuonaa ja suodatinkerroksen hiekkaa huuhtoneet suotovedet ovat todennäköisesti johtaneet alumiinikuonasta liuenneita haitta-aineita myös suodatinkerroksen hiekkaan. Suodatinkerroksen alla sijaitsevan hienorakeista savea olevan pohjamaan mahdollinen kontaminoituminen on myös huomioitava saveen tiiveydestä huoli-

matta, sillä haitta-aineet pystyvät kulkeutumaan suodatinkerroksen alla olevan luokan 2 suodatinkankaan läpi. Suodatinkerroksen hiekkaa sekä alumiinikuonan alaista pohjamaata tulee siis käsitellä pilaantuneina maa-aineksina, kunnes näiden maamassojen sisältämät haitta-aineet saadaan analysoitua hankkimalla näytteet joko etukäteen kairaamalla tai kaivuvaiheessa esimerkiksi koekuopilla. Vaikka suodatinkerroksen tai pohjamaan maa-aineksen haitta-ainepitoisuudet eivät ylittyisikään, niin riski maamassojen ja alumiinikuonan sekoittumisesta kaivuvaiheessa on olemassa, sillä suodatinkerroksen ja pohjamaan väliin asennetun luokan 2 suodatinkankaan ei voida olettaa kestävän suodatinkerroksen pois kaivamista repeämättä.

Tarkemmat turvallisuusohjeet alumiinikuonan yhteydessä työskentelyyn tulee työmaan vastaavan selvittää erikseen asianmukaiselta taholta.

#### **4.1.2 Kustannukset**

Hävittäminen on kuonan jatkotoimenpidevaihtoehtoista yksinkertaisin, mutta kustannukset voivat tästä huolimatta nousta korkeiksi. Alumiinikuonan vastaanottomaksut lähialueen kaatopaikoilla ovat suhteellisen suuria, sillä vastaanotto paikasta riippuen alumiinikuona yleensä käsitetään vaaralliseksi jätteeksi. Lisäksi alumiinikuonaa vastaanottavia tahoja on harvassa, joten riippuen vastaanottavasta tahon sijainnista kuljetuskustannuksetkin voivat muodostaa merkittävän osan kustannuksista.

Kuljetuskustannukset voidaan sisällyttää alumiinikuonan esiinkaivu- ja hävitysurakkaan. Kuljetusyhtiö Läänin kuljetus Oy:n asiantuntijan alustava kustannusarvio 120 km päässä, eli esimerkiksi Kotkassa tai Kouvolassa, sijaitsevalle vastaanottoasemalle 40 tonnin erissä vietävästä yhteensä 3000 tonnin kokoisesta alumiinikuonamäärästä oli vuoden 2014 marraskuussa 12,50 €/t. Tämä tekee 375 000 € koko 3000 tonnin alumiinimäärästä. Tätä arvioita on käytetty tässä esitettyjen kustannusarvioiden pidemmän, noin 110 - 120 km, matkan päässä sijaitseviin vastaanottopaikkoihin liittyvissä kustannusarvioissa.

Etelä-Karjalassa sekä lähialueilla alumiinikuonaa vastaanottavia tahoja löytyi Lappeenrannan kaupungin vuosisopimuskonsultin avustuksella neljä, joista kolme tarjosivat toimenpidevaihtoehtoina kaatopaikkasijoittamista ja yksi jatko-

jalostamista. Jatkojalostamisesta ei tosin saatu ajoissa tarvittavaa tietoa, jotta sen vertailuun mukaan ottaminen olisi onnistunut. Vastaanottopaikat sijaitsevat noin 5 - 120 km ajomatkan etäisyydellä Mustolan satamasta. Näiden vastaanottopaikkojen hinnat vaihtelivat alustavat tiedustelun mukaan välillä 27,4 - 55 €/t aiheuttaen suuren vaihteluvälin kustannuksiin.

Alumiinikuonan kaatopaikkasijoittamisesta laadittiin tätä työtä varten yhteensä kolme kustannusarviota, joista tässä esitellään vertailtavaksi kaksi ääripäätä kolmannen sijoittuessa näiden laskelmien väliin. Taulukossa 1. esitellään kustannuksiltaan pienin ja taulukossa 2. puolestaan kustannuksiltaan suurin. Taulukon 1. kustannukset ovat noin 16 % pienemmät kuin taulukon 2. kustannukset.

Rakennusosat					
Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1151	Asfalttipäällysteen poisto, kaatopaikalle ( kuljetus < 15 km )	m2tr	2 750	11,78 €	32 396 €
1613	Maaleikkaus, massojen kuljetus läjitykseen (500-5000 m3ktr), normaalit olosuhteet (Alumiinikuona) *	m3ktr	1 300	5,85 €	7 606 €
1613	+Alumiinikuonan vastaanottomaksu *	t	3 000	27,40 €	82 200 €
1613.3	+kuljetuksen lisäkustannus 120 km *	t	3 000	12,50 €	37 500 €
1833	Lopputäyttö kaivuumassoilla, massat sivulta (kantavan kerroksen KaM) *	m3rtr	300	3,67 €	1 100 €
2111	Suodatinkerros hiekasta (alle 2500 m3rtr) *	m3rtr	900	2,44 €	2 196 €
2112	Suodatinkangas N2 (pohja, seinämät lomittain ja kantavan sekä jakavan väli) *	m2tr	2 900	1,03 €	2 997 €
2121.2	(Alumiinikuonan korvaava) Jakava kerros KaM 0-63, alle 1500 m3rtr *	m3rtr	1 300	18,57 €	24 139 €
2141.11	AB 20 / 120 (50 mm) (levitettävä ala on 1500-50000 m2)	m2tr	2 750	9,93 €	27 320 €
1000-4000	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>217 453 €</b>
Työmaatehtävät					
5100	Rakentamisen johtotehtävät				10 873 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				4 349 €
5400	Työmaapalvelut				4 349 €
5500	Työmaan kalusto				2 175 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				23 920 €
5761.31	Hintatason muutokset				0 €
<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>					<b>45 665 €</b>

1000-5500	Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä	263 118 €
<b>Tilaaajatehtävät</b>		
5600	Suunnittelutehtävät	19 734 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät	19 800 €
<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>		<b>39 534 €</b>
1000-5580	Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä	302 652 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)	302 700 €
	(Alv. 24%)	72 600 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 24%)	375 300 €

Taulukko 1. FORE-kustannushallintaohjelmiston rakennusosalaskelmatoiminnolla laadittu kustannusarvio Mustolan alumiinikuonan hävittämisestä toimenpiteeseen sisältäen kuljetuksen Kotkassa sijaitsevalle vastaanotto paikalle kaatopaikkasijoitusta varten.

<b>Rakennusosat</b>					
Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1151	Asfalttipäällysteen poisto, kaatopaikalle ( kuljetus < 15 km )	m2tr	2 750	11,78 €	32 404 €
1613	Maaleikkaus, massojen kuljetus läjitykseen (500-5000 m3ktr), normaalit olosuhteet (Alumiinikuona) *	m3ktr	1 300	5,85 €	7 608 €
1613	+Alumiinikuonan vastaanottomaksu *	t	3 000	55,00 €	165 000 €
1613.3	+Alumiinikuonan kuljetuksen lisäkustannus (5-10 km), maaleikkaus ja läjitys tai kaatopaikka *	m3ktr	1 300	3,27 €	4 251 €
1833	Lopputäyttö kaivuunmassoilla, massat sivulta (kantavan kerroksen KaM) *	m3rtr	300	3,67 €	1 100 €
2111	Suodatinkerros hiekasta (Alk. 260 m2 + uutta suodatinhiekkaa varauksena, hinta tarkastettu) *	m3rtr	900	2,44 €	2 198 €
2112	Suodatinkangas N2 (pohja, seinämät ja kantavan sekä jakavan väli) *	m2tr	2 900	1,03 €	2 998 €
2121.2	(Alumiinikuonan korvaava) Jakava kerros KaM 0-63, alle 1500 m3rtr *	m3rtr	1 300	18,57 €	24 145 €
2141.11	AB 20 / 120 (50 mm) (levitettävä ala on 1500-50000 m2)	m2tr	2 750	9,94 €	27 328 €
1000-4000	Rakennusosat yhteensä				267 032 €
<b>Työmaatehtävät</b>					
5100	Rakentamisen johtotehtävät				13 352 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				5 341 €
5400	Työmaapalvelut				5 341 €
5500	Työmaan kalusto				2 670 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				29 374 €
5761.31	Hintatason muutokset				0 €

Työmaatehtävät yhteensä		56 077 €
1000-5500	Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä	323 109 €
<b>Tilaaajatehtävät</b>		
5600	Suunnittelutehtävät	24 233 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät	24 314 €
Tilaaajatehtävät yhteensä		48 547 €
1000-5580	Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä	371 656 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 0%)	371 700 €
	(Alv. 24%)	89 200 €
Koko hanke yhteensä	(Alv. 24%)	460 900 €

Taulukko 2. FORE-kustannushallintaohjelmiston rakennusosalaskelmatoiminnolla laadittu kustannusarvio Mustolan alumiinikuonan hävittämisestä toimenpiteeseen sisältäen kuljetuksen Lappeenrannassa sijaitsevalle vastaanotto paikalle kaatopaikkasijoitusta varten.

Esimerkilaskelmia vertaillen huomataan, kuinka suuri merkitys kuonan vastaanottomaksulla on loppukustannuksiin. Vaikka Kotkan vastaanotto paikka sijaitsee noin 120 km päässä ja Lappeenrannan sijoituspaikka paljon lähimpänä noin 5 km päässä, niin laskelmien perusteella alumiinikuona olisi vastaanotto paikan kaukaisesta sijainnista johtuvista kuljetuskustannuksista riippumatta taloudellisempaa sijoittaa pidemmän matkan päässä sijaitsevalle kaatopaikalle.

Kaatopaikkasijoittamisen kustannusarvioiden laskelmiin sisältyvät varsinaista kuonajätteen käsittelyä ympäröivät toimenpiteet ovat käytännössä samat laskelmasta riippumatta, eli merkittävän muutoksen kustannuksiin muodostavat kuonan kuljetuskustannukset ja vastaanottomaksu, jotka vaihtelevat suuresti. Näissä laskelmissa käytetyt kuonan vastaanottomaksut perustuvat tietoon, jota lähialueiden alumiinikuonaa vastaanottavat tahot tarjosivat palveluidensa hinnoista.

Jatkojalostaminen, jossa kuonasta erotellaan hyödyntämiskelpoinen alumiini kuonanjalostuslaitoksessa, on vaihtoehto kaatopaikkasijoittamiselle, mutta toimenpiteen kannattavuus riippuu kuonan sisältämän hyödyntämiskelpoisen metallisen alumiinin määrästä. Mustolan alumiinikuonassa on alumiinia 14 % pai-

nosta, joka on Kuusakoski Oy:n Toni Ahtiaisen kanssa käydyn puhelinkeskustelun perusteella jalostusmielessä pieni määrä sen lisäksi, että tämän alumiinin olomuotoa ei tarkkaan tunneta. Alumiini voi siis esiintyä kuonassa osittain hyödyntämiskelvottomaksi ja vaaralliseksi jätteeksi luettavana alumiinikloridina (21). FCG Suunnittelu ja Tekniikka Oy:n riskinarviossa Turtia on kuitenkin tehnyt Ramboll Analytics Oy:n kaatopaikkakelpoisuuslausunnosta päätelmän, että Mustolan sataman alumiinikuonan alumiini olisi suurelta osaa kuitenkin metallisena, sillä kloridit ovat vesiliukoisia yhdisteitä ja kuonan alumiini ei ollut testeissä järin liukoista (4, s. 8). Ilman tarkempia tutkimuksia kuonan jätestatus jää kuitenkin vastaanottavan tahon harkittavaksi.

Jatkojalostamista miettiessä mahdolliseen jalostamoon on todennäköisesti toimitettava näyte-erä koejalostusta varten, jotta saadaan selville kuonan alumiinin hyödynnettävyys ja jalostamisen kannattavuus. Kuusakoski Oy:n Toni Ahtiaisen mukaan heidän palveluitaan mahdollisesti käytettäessä tarvitaan jalostettava koe-erä kuonaa, jotta Kuusakoski Oy pystyy antamaan jalostuksesta kustannus- ja kannattavuusarviota ylipäänsä. Koe-erä on ainut tapa antaa luotettava arvio toimenpiteen todellisista kustannuksista. Tämän lisäksi koe-erän jalostamisen yhteydessä saataisi tietoa alumiinikuonan sisältämän alumiinin eri yhdistemuotojen pitoisuuksista myös mahdollista kaatopaikkasijoittamista ja tarkempaa jätestatusta varten.

## **4.2 Alumiinikuonan vesieristäminen**

Alumiinikuonan vesieristäminen toimisi väliaikaisena ratkaisuna, jolla poistettaisiin tai vähennettäisiin merkittävästi ympäristöön päätyvien kuonasta liukenevien haitta-aineiden määrää sijoittamatta kuonaa uudelleen. Paras lopputulos saadaan, jos alumiinikuona koteloidaan, eli eristetään täysin vettä läpäisemättömällä materiaalilla joka puolelta. Täydellinen kotelointi todennäköisesti vaatii kuonan esiin kaivamista pohjan eristämiseksi, jollei sitten hyödynnetä esimerkiksi injektointia.

Nykyisen vesieristykseen parantamista tai uudelleenrakentamista voidaan pitää yhtenä vaihtoehtona, jolloin esimerkiksi olemassa olevia alumiinikuonaa ympäröiviä savimaasta rakennettuja patoseiniä vahvistettaisiin parantamalla niiden



rakennetta esimerkiksi betonirakenteilla tai vettä läpäisemättömillä eristemateriaaleilla. Pelkkien patoseinämien parantamisen on kuitenkin syytä uskoa jäävän riittämättömäksi toimenpiteeksi, sillä tällöin alumiinikuonan pohjan olosuhteet jäävät entiselleen. Alumiinikuonan alaisen suodatinkerroksen alla on pohjamaata, joka on samaa hienorakeista savea, josta ympäröivät patoseinämätkin on rakennettu. Alumiinikuonaa ympäröi pohjan ja sivujen alalla luokan 2 suodatin kangas. Suotovesitarkkailun tuloksista on tehty päätelmä, että alumiinikuonan suotoveden pinta noudattaa todennäköisimmin lähiympäristöjen vapaiden vedenpinojen tasoa, kuten viereisen Saimaan kanavan pintaa (4, s. 7), joten on syytä uskoa, että alumiinikuonan nykyiset vesieritysrakenteet todennäköisesti ovat riittämättömät. Lisäksi päällysteasfaltin läpi imeytyy todennäköisesti jonkin verran vettä suotovedeksi (4, s. 6). Tällöin pelkkä sivujen patorakenteiden uudelleen rakentaminen vesitiiviiksi ei riitä, sillä vesi todennäköisesti pääsisi kuonaan alakautta pohjamaan saven tiiveydestä huolimatta.

#### **4.2.1 Toimenpiteiden sisältö**

Vesieristämisen pelkkien nykyisten vesieritysrakenteiden parantamisella voidaan olettaa olevan todellinen toimenpidevaihtoehto vain, jos pohjakin saadaan eristettyä. Joka tapauksessa alumiinikuonan läjitysalueen reunoilla sijaitsevan patoseinämän vahvistaminen edellyttää ainakin jonkinasteista alumiinikuonan esiin kaivua, jotta työskentelytilaa on riittävästi ja jotta vältetään alumiinikuonan sekoittuminen uusiin seinämärakenteisiin. Alumiinikuonan määrällisesti pienemmänkin esiin kaivamisen yhteydessä on suositeltava huomioitava ainakin kohdassa 4.1.2 mainitut seikat alumiinikuonan käsittelystä.

Suurin osa alumiinikuonan läjityksen pohjalle rakennettavista vesieristysvaihtoehtoista, kuten kaatopaikan pohjarakenteiden tyypiset eristysrakenteet, vaativat kuonan täydellisen esiin kaivamisen pois rakentamisen tieltä. Maainjektointi voi saattaa jossain tapauksessa olla tehokkaampi ratkaisu niin kustannusten kuin toiminnan nopeuden suhteen, sillä se voidaan toteuttaa suoraan alumiinikuonakerroksen läpi.

Injektoinnissa maa-ainekseen syötetään kovettuvaa ainetta, kuten sementtiä tai erinäisiä muovipohjaisia aineita, tarkoituksena parantaa maan kantavuutta ja

pienentää vedenläpäisyä (22, s. 13). Injektoinnin käytön toimivuudesta kuonan läjityksen pohjan vesieristämisessä ei voi kuitenkaan antaa näin lyhyellä tarkastelulla varteenotettavia arvioita, sillä se vaatii syvällisemmän selvitystyön esimerkiksi injektoitavan aineen määrästä vesieristämisen saavuttamiseksi tarpeeksi suurella varmuudella. Maa-aineksen injektoitavuus on myös olennainen määritettävä tekijä, joskin jo tämänhetkisen tiedon perusteella voidaan päätellä injektoinnin olevan suurella todennäköisyydellä soveltumaton vaihtoehto tämän kohteen vesieristykseen. Alumiinikuonatäytön pohjamaa on hienorakeista savea, jonka tapauksessa käytössä olevien yleisimpien injektointiaineiden tunkeutuvuus on olematon (22, s. 15). Lisäksi injektoinnin suurpiirteisen luonteen vuoksi täydellisestä vedenpitävyydestä ei ole varmuutta edes paremman tunkeutuvuuden maalajeissa, koska ei pystytä varmuudella sanomaan, että saavutavatko eri injektointikohtien täytöt toisensa ja jos saavuttavat, niin kuinka tiiviisti ja kuinka suurelta alalta ne muodostavat kosketuspinnan. Injektointia ei siis lie ne näiden päätelmien johdosta tarpeen tutkia tarkemmin.

Koko alumiinikuonan täydellinen stabilointi esimerkiksi injektoimalla on myös mahdollinen toimenpidevaihtoehto, sillä vaikka stabiloitavan massan tilavuus on suuri, noin  $1300 \text{ m}^3$ , eivät kustannukset nouse FORE-ohjelmiston kustannusarvion mukaan suuriksi verrattuna kuonan esiin kaivuun ja kaatopaikkasijoittamiseen.

Erillisenä tai aiempiin vaihtoehtoihin liitettävänä toimenpiteenä alumiinikuonakenttä voidaan päällystää vettä läpäisemättömällä tiiviillä asfaltilla (4, s. 15). Tämä estäisi sadeveden pääsyn rakenteisiin suorana asfaltin läpi, mutta toimenpiteenä se voi olla lopputuloksen kannalta vähäpätöinen.

#### **4.2.2 Kustannukset**

Alumiinikuonan täydellisessä stabiloinnissa  $1300 \text{ m}^3$  maastabiloinnille FORE-ohjelmisto antoi arvioksi noin 25 000 €. Stabiloinnin yhteydessäkään tosin täydellisestä haitta-aineiden liukenemattomuudesta ei olisi varmuutta injektointiaineen tunkeutuvuuden arvaamattomuuden vuoksi. Alumiinikuonan soveltuvuus maainjektoinnin kohteeksi tulisi myös selvittää.

Rakennusosat					
Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1413.2	Massastabilointi, kohdekoko 1000-5000 m3	m3rtr	1 300	19,01 €	24 712 €

Taulukko 3. Ote laskelmasta 1300 rakenneteoreettisen kuutiometrin alumiini-kuonamassan stabiloinnille. Oletusyksikköhintana 1000 - 5000 m3 kokoiselle kohteelle ohjelmistossa oli marraskuussa 2014 19,01 € rakenneteoreettista kuutiometriä kohden.

### 4.3 Alumiinikuonan suotovesien ohjaaminen muualle

Suotovesien ohjaamiseen liittyen on esitetty, että kemikaalikonttikentän kuivatusrakenteita muutettaisi poistamalla suotovesikaivoista yhteys huleveden runkolinjaan ja niiden tilalle tai ohelle rakennettaisiin erillinen suurempi suotovesien kokoomakaivo tai -säiliö. Tämän kokoomakaivo ei johtaisi vesiä mihinkään, vaan ainoastaan kokoaisi alumiinikuonasta suotuvat vedet erillistä tyhjentämistä varten. Kokoomakaivon tulisi olla tarpeeksi suuri, jotta sen tyhjentämistarpeesta ei tule rasitetta.

Kokoomakaivon toteutuksessa on kuitenkin ongelmia. Kuonan vedenpinnan on todettu noudattavan Saimaan kanavan pintaa (4, s. 7), joten on syytä olettaa, että veden kulkeutumismahdollisuus maa-aineksessa kanavan ja kuonan välillä saisi kokoomakaivon täyttymään ilman, että kuonaa huuhtelevan suotoveden pinta varsinaisesti laskisi. Tällöin kokoomakaivo on kuivatusratkaisuna toimimaton ja riippuen Saimaan kanavan ja kuonan välisen maanalaisen veden johtumisen nopeudesta se voisi aiheuttaa myös merkittävän rasitteen kokoomakaivon tyhjentämisen suhteen. Ratkaisu ei myöskään ilman kuonamassan varsinaisen vesieristyksen parantamista poista täysin suotoveden mahdollisuutta edelleen kuljettaa haitta-aineita muualle lähialueen maaperään, mutta kunnollisella eristämällä taas poistettaisiin kokoomakaivon tai muun vedenpoistojärjestelmän rakentamisen tarve. Ratkaisuidea on siis ristiriitainen. Vesien liikkeitä alueella on vaikea arvioida ja vaikka Turtia toteaaakin riskinarviossa orsiveden virtaussuunnan olevan todennäköisesti pohjoiseen kuonasta Saimaan kanavaa kohti (4, s. 6), niin tämän ratkaisun tutkiminen jää ajatustasolle ilman laajempia tutkimuksia.

Suotovesien ohjaamista erikseen rakennettavalla yhteydellä jätevesiviemäriin ja tätä kautta edelleen vedenpuhdistuslaitokselle on myös esitetty. Lappeenrannan kaupungin verkostokartaston mukaan lähin jätevesiviemäri sijaitsee alumiinikuonakentästä etelässä lähimpien rakennusten yhteydessä niin, että lyhintä mahdollista reittiä pitkin matkaa kertyi noin 300 metriä. Tämä väli sisältäisi ainakin kaksi rautatien alitusta, mutta matkalla ei ole muita satamatoiminnalle olennaisia rakennuksia tai rakenteita ja reitti on lisäksi yhtä alkupään mutkaa lukuun ottamatta täysin suora. Jätevesiyhteydenkin kohdalla on kuitenkin tiedostettava, että Saimaan kanavan ja kuonan välisen maanalaisen veden johtumisen vuoksi järjestelmä saattaa syöttää vettä jatkuvasti jätevesiverkoston kuormitukseksi ja tästä syystä suotovesien ohjaaminen jätevesiviemäriin on samalla tavoin hie- man ristiriitainen kuin kokoomakaivon idea.

#### **4.3.1 Toimenpiteiden sisältö**

Kokoomakaivon idea ei vaikuta selkeästi tehokkaalta ratkaisuvaihtoehdolta, joten sen toimenpiteitä on turha ruveta selvittämään enempää, jollei sitä jostain syystä erikseen pystytä todentamaan toimivaksi ratkaisuksi.

Jätevesiverkostoon johtavan yhteyden rakentaminen on toimenpiteenä selkeä, sillä se sisältää karkeasti noin 300 metriä pitkän ja lähes suoran jätevesiyhteyden rakentamisen. Haasteellisen tästä vaihtoehdosta tekee jätevesiputken mitoittaminen, sillä sen läpi virtaavan veden määrää on vaikea arvioida. Alumiinikuonaan liitettävä suotoveden keräilyjärjestelmä voisi olla mahdollista liittää nykyiseen kuonan alaiseen salaojaputkistoon, mutta jos tämä ei kuitenkaan onnistu, niin ratkaisu on taloudellisesti paljon raskaampi uuden keräilyjärjestelmän rakentamisen vuoksi. Ilman pitkällisempiä tutkimuksia ja suunnittelua jätevesiyhteyteen perustuva ratkaisu on niin epämääräinen, että sen sanallinen selvittäminen on mahdotonta.

Kokoomakaivoa tai jätevesiyhteyttä harkittaessa on ensimmäiseksi selvitettävä tarkemmin veden kulkeutuminen ja käyttäytyminen Saimaan kanavan ja alumiinikuonan välisessä maa-aineksessa, jotta voidaan arvioida toimenpiteen kannattavuutta yleisesti. Lisäksi Lappeenrannan jätevesipuhdistamojen omistajalta Lappeenrannan Energia Oy:ltä tulee tarkistaa alumiinikuonan haitta-aineita si-

sältävän suotoveden soveltuvuus vastaanotettavaksi Toikansuon jätevesipuhdistamolle ja jatkuvan jäteveden johtamisen aiheuttamista kustannuksista, joita ei ole taulukon 4 kustannusarviossa huomioitu. Alumiinikuonan suotovesien tutkimustulokset osoittavat, että suotovettä voi olla mahdollista viemäroidä, mutta se voi edellyttää ympäristölupaa ja asia on tarkistettava aluehallintovirastosta (4, s. 16).

#### 4.3.2 Kustannukset

Suotovesien johtaminen jätevesiverkostoon vaatisi noin 300 metrin matkalle oman linjansa lähimpään jätevesiviemäriin, joka sijaitsee Lappeenrannan kaupungin verkostokartan mukaan lähimmän rakennuksen yhteydessä alumiinikuonasta etelään Ahtaajankadun varressa. Taulukossa 4 esitetty laskelma perustuu InfraRYL 2006:n mukaisiin määräyksiin jätevesilinjän toteuttamisesta. Esimerkilaskelman jätevesilinjän kaivanto on 1,1 m leveä pohjalta, sen seinämien kaltevuus on 3:1 ja kaivannon syvyys on 2,5 m. Murskearinnan paksuus on 150 mm, kalliomursketta olevan alkutäytön paksuus on 525 mm ja loput 1,825 m täytetään kaivannosta saaduilla mailla. Putkena laskussa on halkaisijaltaan 225 mm jätevesiputki, koska johdettavan veden määrää ei varsinaisesti tiedetä. Vesi kulkee tämän laskelman mukaisessa järjestelmässä painovoimaisesti, sillä kuonakentän teoreettisen linjan lähtöpisteen koron + 55,86 ja 300 m etelässä Ahtaajankadulla sijaitsevan päätepisteen koron + 54,04 välinen korkeusero mahdollistaa teoriassa tarpeellisen kaadon, jotta viemärointi toimii ilman pumpausta. Materiaalimäärät on laskettu näiden arvojen mukaan 300 metrin matkalle. (23, s. 303 - 304, 370.)

Rakennusosat					
Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1331	Sora-arina	m3tr	60	36,19 €	2 171 €
1621	Putkikaivannon kaivu	m3ktr	1 600	5,97 €	9 549 €
1832	Alkutäyttö sorasta	m3tr	300	11,57 €	3 472 €
1833	Lopputäyttö kaivumassoilla, massat sivulta	m3tr	1 200	3,67 €	4 398 €
2112	Suodatinkangas N2	m2tr	1 000	1,03 €	1 034 €
3111.11	Betoninen jätevesiviemäri (vietto) 225 mm, normaalit olosuhteet	mtr	300	73,73 €	22 119 €
3113.2	Betonitarkastuskaivo 1000 mm, EK-kaivo, ilman kaivua ja täyttöä, normaalit olosuhteet	kpl	6	1 352,47 €	8 115 €
3114	Jäteveden tonttiliittymä	kpl	1	372,32 €	372 €
<b>1000-4000</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>51 230 €</b>

<b>Työmaatehtävät</b>		
5100	Rakentamisen johtotehtävät	2 562 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut	1 025 €
5400	Työmaapalvelut	1 025 €
5500	Työmaan kalusto	512 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät	5 635 €
5761.31	Hintatason muutokset	0 €
<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>		<b>10 758 €</b>
<b>1000-5500</b>	<b>Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä</b>	<b>61 988 €</b>
<b>Tilaaajatehtävät</b>		
5600	Suunnittelutehtävät	4 649 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät	4 665 €
<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>		<b>9 314 €</b>
<b>1000-5580</b>	<b>Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä</b>	<b>71 302 €</b>
<b>Koko hanke yhteensä</b>		<b>(Alv. 0%) 71 300 €</b>
		<b>(Alv. 24%) 17 100 €</b>
<b>Koko hanke yhteensä</b>		<b>(Alv. 24%) 88 400 €</b>

Taulukko 4. FORE-kustannushallintaohjelmiston rakennusosalaskelmatoiminnolla laadittu kustannusarvio Mustolan alumiinikuonan suotovesien johtamisesta jätevesiverkostoon.

Taulukon 4 mukainen kustannusarvio jätevesiviemäröinnille ei kuitenkaan sisällä suotoveden vastaanottamisen kustannuksia. Ratkaisua pohtiessa tulee myös huomata, että vaikka tämä ratkaisu sisältää paljon vähemmän kaivamista siinä tapauksessa, että alumiinikuonaa ei jouduta kaivamaan paljoakaan, niin jätevesiviemäröinnin lähdön asennustyöt tapahtuvat osittain mahdollisesti vedellä kylälästyneen maa-aineksen yhteydessä ja tämä voi vaikuttaa huomattavasti työn luonteeseen.

Alumiinikuonakentän yhteyteen rakennettavan kokoomakaivon kustannuksia ei käsitellä tässä, koska kaivon idea on liian epämääräinen ilman pitkällisempää alueen maaperän vesien liikkeisiin liittyvää suunnittelu- ja tutkimustyötä.

#### 4.4 Alumiinikuonan säilöminen muualle

Alumiinikuonan muualle säilömistä on alustavasti pidetty hyvänä kompromissina kustannusten ja vaikutusten suhteen. Muualle säilöttäväksi siirtämisellä on harkittuna sekä hyvin suunniteltuna toimenpiteenä hyvät ympäristövaikutukset ja mahdollisesti lopullista hävittämistä pienemmät kustannukset. Ainoana varsinai-

sena huonona puolena on pitkäaikaisenkin säilömispaikan löytyessä sen todennäköinen väliaikaisuus, sillä tulevaisuudessa alumiinikuona voidaan mahdollisesti joka tapauksessa joutua hävittämään kokonaisuudessaan esimerkiksi ympäristövaatimusten vuoksi, vaikka se olisi saatu asennettua hyvin ja pitkällä aikavälillä reagoimattomasti.

Säilömisvaihtoehdoissa on harkittu alumiinikuonan sijoittamista rahtikontteihin tai vastaaviin säilöihin. Tällaisten säilöjen soveltuvuudesta alumiinikuonan säilyttämiseen on kuitenkin epäselvyyksiä, koska esimerkiksi rahtikonttien pitäminen tiiviinä täydessä alumiinikuonastissa varsinkin sääoloille altistettuna voi vaatia huoltoa ja tarkkailua. Lisäksi säilöt vaativat suuren alueen, sillä esimerkiksi 20 jalan nimellispituuden, eli noin  $32 \text{ m}^3$ :n, rahtikontteja tarvittaisiin  $1300 \text{ m}^3$  alumiinikuonamäärän säilömiseen ainakin 40 kappaletta (6). Alumiinikuonan pH -arvo on kaatopaikkakelpoisuustestissä todettu olevan 10,1, joka on emäksinen, joten säilöjen olisi myös oltava myös mahdollisesti syöpymättömiä. Joka tapauksessa kontteihin tai muihin vastaaviin säilöminen vaatii paljon käytännön järjestelytoimenpiteitä itse esiin kaivamisen ja säilöissä sijoittamisen lisäksi. Vaihtoehdon moninaisesta luonteesta johtuen tätä vaihtoehtoa on haastavaa tarkastella kattavasti pienimuotoisena selvitystyönä, joten vaihtoehtoa harkittaessa sitä on tarkasteltava erikseen tarkemmin, jos alustavasti kustannuksiltaan sekä ominaisuuksiltaan sopivat sijoituspaikka ja -säilöratkaisu on löydetty.

Erillisiä säilöjä realistisempi vaihtoehto on sijoittaminen esimerkiksi Lappeenrannan kaupungin projektipäällikkö Mikko Tammisen ehdottaman Lappeenrannan Toikansuon täyttyneen ja käytöstä poistetun kaatopaikan päälle maise-mointirakenteiden osaksi. Tähän ratkaisuun kuuluvat monien muiden vaihtoehtojen kohdalla jo tarkasteltuja toimenpiteitä, kuten alumiinikuonan esiinkaivu, mutta itse sijoittaminen kaatopaikan päälle olisi suurella todennäköisyydellä paljon monia muita toimenpiteitä yksinkertaisempi ja tätä kautta myös ratkaisu olisi kokonaisuudessaan taloudellisempi. Sijoittaminen tulisi vaatimaan uuden sijoituspaikan ympäristöluvan tarkastamisen ja muuttamisen, kuten osa muistakin vaihtoehdoista, mutta vaihtoehdon suunnittelu ja toteuttaminen ovat paikan luonteen vuoksi muita vaihtoehtoja selkeämpiä.

#### 4.4.1 Toimenpiteiden sisältö

Lappeenrannan kaupunki omistaa Toikansuon kaatopaikan, joka sijaitsee Myllymäen kaupunginosassa noin kymmenen kilometrin ajomatkan päässä nykyisestä alumiinikuonan hautapaikasta. Kaatopaikka on lopullisesti poistettu käytöstä ja maisemoitu vuosien 2007-2009 aikana Lappeenrannan kaupungin toimesta. Toikansuon kaatopaikka sopisi alumiinikuonan sijoittamiseen luonteeltaan hyvin, sillä alumiinikuonan voisi mahdollisesti haudata osaksi maisemointikerrosta kaatopaikkakukkulan päälle, jolloin kuivatus, kotelointi sekä tarpeellinen tarkkailu olisivat helppo toteuttaa ilman merkittävää riskiä haitta-aineiden liukenemisesta hulevesien mukana lähimaastoon. Kohteen ollessa kaatopaikka tulisi alumiinikuona sijoitettua luonteeltaan valmiiksi vastaavassa käytössä ja tarkkailun alla olevaan paikkaan. Lappeenrannan seudun ympäristötoimen mukaan käytöstä poistettua kaatopaikkaa valvoo Kaakkois-Suomen ELY-keskus.

Alumiinikuonan hautaaminen voidaan toteuttaa esimerkiksi kaivamalla kaatopaikan maisemointikerroksen pintamaahan kuonamäärälle sopiva kaivanto, johon kuona sijoitetaan tarpeen mukaan suunniteltuihin rakenteisiin. Kaatopaikan maisemoinnissa mukana ollut Lappeenrannan kaupungin projektipäällikkö Jyri Niskasen mukaan pintamaakerros on yli metrin paksuinen, joten laajuudeltaan nykyistä sijoituspaikkaa vastaavalle alueelle levitettynä alumiinikuonan voisi mahdollisesti saada mahtumaan tälle alueelle niin, ettei pintamaan alla oleviin varsinaisiin rakennekerroksiin puututa. Taulukossa 5 esitetty kustannusarvio on laadittu tämän idean mukaan sisältäen pintamaiden sivullekaivun sekä loppu-täytön samoilla kaivuuaineeksilla, salaojituksen suodatinkerroksessa ja erillisen suotoveden tarkkailujärjestelmän, jota ei ole liitetty kaatopaikan jo olemassa olevaan, alueen pinta- ja pohjavesien tarkkailusuunnitelman mukaiseen, veden tarkkailujärjestelmään.

Kustannusarvion ideassa alumiinikuonan kapselointi on toteutettu bentoniittimalla uudelleensijoituskohteessa Toikansuon suljetun kaatopaikan pintakerrokseen tehtyyn matalahkoon kaivantoon. Kapselointi tapahtuu suoraan suodatin-kerroksen päälle suodatinkerroksen levittyessä myös hieman alumiinikuonan ympärille ja nousten luiskana sen sivuille tarkoituksena minimoida veden päätyminen alumiinikuonaan. Tämän lisäksi voidaan tarvittaessa lisätä kapseloidun



alumiinikuonan päälle ja pintamaan väliin erillinen vettä heikosti läpäisevä kerros esimerkiksi tiivistetystä savesta.

Alumiinikuonan sijoittaminen kaatopaikan yhteyteen vaatii Toikansuon kaatopaikan ympäristöluvan tarkastamisen asian suhteen. Tämän lisäksi kaikki toimenpiteeseen liittyvät suunnitelmat on hyväksyttävä asiasta päättävällä taholla. Lappeenrannan seudun ympäristötoimen mukaan lupa-asia etenee ELY-keskuksen ja aluehallintoviraston kautta.

#### 4.4.2 Kustannukset

Alumiinikuonan hautaaminen Toikansuon käytöstä poistetulle kaatopaikalle jää alustavan kustannusarvion mukaan hävittämisvaihtoehdon kahden ääripään välille. Kustannusarvioon on sisällytetty arvio Toikansuon kaatopaikan maise-  
mointi- ja pintakerrokseen hautaamiseen liittyvistä arvioiduista toimenpiteistä, kuten kuivatus- ja tarkkailujärjestelmästä. Tällaiset järjestelmät sekä muut uudelleensijoittamiseen liittyvät työvaiheet vaativat kuitenkin erillisen suunnittelutyön, jonka vuoksi arvio on jätetty vain karkealle tasolle perustuen kuitenkin InfraRYL 2006:n vaatimuksiin.

Rakennusosat					
Tunniste	Rakennusosa	Yks.	Määrä	Yks. hinta	Yhteensä
1151	Asfalttipäällysteen poisto, kaatopaikalle ( kuljetus < 15 km )	m2tr	2750	11,78 €	32 395 €
1429	Bentoniittimatto, pienet määrät (kerroin 1,3 kapselointityön vuoksi) *	m2tr	3 000	48,41 €	145 230 €
1431.2	Rakenteen yhteydessä oleva salaoja (100/90 mm)	mtr	200	7,31 €	1 463 €
1611	Kaatopaikan maaleikkaus (Maaleikkaus, erittelemätön, normaalit olosuhteet) *	m3ktr	500	2,41 €	1 204 €
1621	Putkikaivannon kaivu (sivuunkaivu) *	jm	100	2,00 €	200 €
1832	Alkutäyttö sorasta (putket) *	m3rtr	40	11,57 €	463 €
1832	Alkutäyttö sorasta (kaivot) *	m3rtr	50	11,57 €	579 €
1833	(Alumiinikuonan uuden sij.) Lopputäyttö kaivuunmassoilla, massat sivulta *	m3rtr	500	3,67 €	1 833 €
2111	(Vanhan sij.) Suodatinkerros hiekasta (alle 2500 m3rtr) *	m3rtr	300	9,30 €	2 790 €
2111	Alumiinikuona (Suodatinkerros hiekasta [alle 2500 m3rtr]) *	m3rtr	1 300	9,30 €	12 088 €
2111	Alk. + uusi suodatinhiekkä (Suodatinkerros hiekasta [alle 2500 m3rtr]) *	m3rtr	1 000	9,30 €	9 299 €
2111	Vanha kantava kerros jakavaksi kerrokseksi (Suodatin-kerros hiekasta [materiaali varamaapaikasta]) *	m3rtr	500	2,44 €	1 221 €
2112	Suodatinkangas N2 (vanhan sij. pohja, seinämät lomit- tain ja kantavan sekä jakavan väli) *	m2tr	2 900	1,03 €	2 997 €
2121.2	Jakava kerros KaM 0-63, alle 1500 m3rtr	m3rtr	1 300	18,57 €	24 139 €
2131.2	Sitomaton kantava kerros KaM 0-32, alle 1500 m3rtr	m3rtr	450	20,89 €	9 402 €
2141.11	AB 20 / 120 (50 mm) (levitettävä ala on 1500-50000 m2)	m2tr	2 750	9,93 €	27 320 €
3121.21	Muovinen hulevesiviemäri (vietto) 160 mm, SN 8	mtr	100	12,78 €	1 278 €

3123.4	Tarkastusputki 200 T	kpl	2	33,29 €	67 €
3123.7	Näytteenottokaivo (Hulevesikaivo muovista 400/315 mm) *	kpl	1	555,61 €	556 €
<b>1000-4000</b>	<b>Rakennusosat yhteensä</b>				<b>242 127 €</b>
<b>Työmaatehtävät</b>					
5100	Rakentamisen johtotehtävät				12 106 €
5300	Rakentamisen työmaatehtävät ja erityiset työmaakulut				4 843 €
5400	Työmaapalvelut				4 843 €
5500	Työmaan kalusto				2 421 €
5200	Urakoitsijan yritystehtävät				26 634 €
5761.31	Hintatason muutokset				0 €
<b>Työmaatehtävät yhteensä</b>					<b>50 847 €</b>
<b>1000-5500</b>	<b>Rakennusosat ja työmaatehtävät yhteensä</b>				<b>292 974 €</b>
<b>Tilaaajatehtävät</b>					
5600	Suunnittelutehtävät				21 973 €
5700	Rakennuttamis- ja omistajatehtävät				22 046 €
<b>Tilaaajatehtävät yhteensä</b>					<b>44 019 €</b>
<b>1000-5580</b>	<b>Rakennusosat, työmaatehtävät ja tilaaajatehtävät yhteensä</b>				<b>336 993 €</b>
<b>Koko hanke yhteensä</b>	<b>(Alv. 0%)</b>				<b>337 000 €</b>
	<b>(Alv. 24%)</b>				<b>80 900 €</b>
<b>Koko hanke yhteensä</b>	<b>(Alv. 24%)</b>				<b>417 900 €</b>

Taulukko 5. FORE-kustannushallintaohjelmiston rakennusosalaskelmatoiminnolla laadittu kustannusarvio Mustolan alumiinikuonan sijoittamisesta Toikan suon käytöstä poistetun kaatopaikan maisemointi- ja pintarakenteisiin sisältäen arvion mahdollisen sijoittamispaikan tarkkailu- ja kuivatusjärjestelmistä.

Tässä selvityksessä ei käsitellä alumiinikuonan sijoittamista erillisiin säilöihin, sillä kyseessä olevan säilömisratkaisun kustannukset riippuvat suuresti mahdollisen sopivan säilöratkaisun kustannuksista. Soveltuvan säilötyypin ja -paikan löytäminen vaatii kuitenkin yksityiskohtaisemman etsimistyön, jotta ne toimivat yhdessä vakaana sijoitusratkaisuna.

## 5 Yhteenveto ja pohdinta

Tässä opinnäytetyössä selvitetään Lappeenrannan Mustolan satama-alueelle haudatun alumiinikuonan jatkotoimenpidevaihtoehtoja etsien niistä parasta kompromissia kustannusten ja vaikutusten näkökulmasta. Selvitetystä vaihtoehtoista useat olivat erikseen Lappeenrannan kaupungin asiaan liittyvän henkilökunnan jo aiemmin pohtimia ja suurinta osaa on analysoitu ja edelleen jatkettu

tässä opinnäytetyössä selvittäen syvällisemmin niiden sisältöä ja kannattavuutta. Alumiinikuonan jatkotoimenpiteiden tarpeellisuus on esitetty havaittujen alumiinikuonan aiheuttamien ympäristöhaittojen perusteella Lappeenrannan seudun ympäristötoimen puolesta Lappeenrannan kaupungille, joka vastaa alumiinikuonasta ja sen jatkotoimenpiteistä (7, s. 1).

Selvitystyön luonteen vuoksi ehdottoman selvään ratkaisuun on mahdoton päästä. Tämä johtuu esimerkiksi siitä, että talousnäkökulman painoarvo lopulliseen ratkaisupäätökseen riippuu pitkälti ratkaisua pohdittaessa käytettävissä olevasta rahoituksesta. Realistisesti harkittavien ratkaisujen vaikutukset ympäristöön ovat jotakuinkin samoja ja ainut todellinen ero on alumiinikuonan loppusijoittamisen sekä muiden ratkaisujen välillä, sillä hävittäminen on varmuudella ainut vaihtoehto, joka ei tuota tulevaisuudessa minkäänlaisia rasitteita.

Alumiinikuonan hävittäminen on lopputulostensa puolesta selkeästi suositeltavin vaihtoehto. Hävittämiseen liittyen jatkojalostamisesta on suositeltavaa ottaa enemmän selvää, sillä jatkojalostamisen mahdollisesti onnistuessa saattaa tämä vaihtoehto olla tässä työssä esitettyjä kustannuksia alhaisempi ja tätä kautta entistä parempi vaihtoehto. Joka tapauksessa alumiinikuonan hävittäminen on ratkaisuna lopullinen, eikä se aiheuta jälkitoimenpiteitä. Kustannusten niin sallissa hävittäminen tai mahdollisesti jatkojalostaminen on suositeltavin ratkaisuvaihtoehto.

Hävittämisen jälkeen seuraava suositeltavin toimenpidevaihtoehto on alumiinikuonan sijoittaminen muualle, kuten Toikansuon käytöstä poistetun ja maise-moidun kaatopaikan pintarakenteisiin. Hävittämisvaihtoehdon ja Toikansuon käytöstä poistetun kaatopaikan yhteyteen sijoittamisvaihtoehdon kustannukset ovat keskenään samaa tasoa kustannusarvioiden mukaan, mutta riippuen ympäristöluvasta ja uudelleen sijoittamisen lopputuloksista myös viimeksi mainitun vaikutukset voivat olla kauaskantoiset niin, ettei alumiinikuona aiheuta toimenpiteitä jopa kymmeneen vuosiin uudelleen sijoittamisen jälkeen.

Muut toimenpidevaihtoehdot, kuten alumiinikuonan vesieristäminen tai sen suotovesien ohjaaminen muualle ovat ainakin toistaiseksi liian epämääräisiä tai ristiriitaisia ilman tarkempia tutkimuksia esimerkiksi veden liikkeistä maaperäs-

sä, jotta niitä voisi suositella toimenpideratkaisuksi. Monista vaihtoehtoista puuttui paljon olennaista tutkimustietoa, jotta niiden selvittäminen ajatustasolla olisi ollut kannattavaa opinnäytetyön yhteydessä tai edes ylipäänsä mahdollista. Näissä vaihtoehtoissa juuri alumiinikuonan ja Saimaan kanavan välinen mahdollinen maanalainen vesiyhteys tai muu suuremman erillisen selvitystyön vaativa tekijä on suuressa roolissa kulloisenkin ratkaisun onnistumismahdollisuuden suhteen. Nämä muut vaihtoehdot vaativat joka tapauksessa laajemman tutkimus- ja suunnittelutyön ennen, kuin niitä voidaan harkita mahdollisiksi ratkaisuiksi. Muista ratkaisuista suositeltavin on suotovesien ohjaaminen jätevesiviemäriin erillisellä jätevesiyhteydellä, sillä sen kustannukset vaikuttivat alustavasti alhaisilta.

## **Taulukot**

Taulukko 1. Kustannusarvio Mustolan alumiinikuonan hävittämisestä, sijoitus Kotkassa sijaitsevalle kaatopaikalle, s. 21

Taulukko 2. Kustannusarvio Mustolan alumiinikuonan hävittämisestä, sijoitus Lappeenrannassa sijaitsevalle kaatopaikalle, s. 22

Taulukko 3. Ote alumiinikuonan stabiloinnin kustannusarviosta, s. 27

Taulukko 4. Kustannusarvio Mustolan alumiinikuonan suotovesien johtamisesta jätevesiverkostoon, s. 29

Taulukko 5. Kustannusarvio Mustolan alumiinikuonan sijoittamisesta Toikan-suon käytöstä poistetun kaatopaikan maisemointirakenteisiin, s. 33

## **Kuvat**

Kuva 1. Alumiinikuonakentän sijainti Mustolan sataman ilmakuvassa, s. 7

Kuva 2. Mustolan sataman kemikaalikonttikentän kuivatus ja tasaus, s. 7

Kuva 3. Mustolan sataman alumiinikuonakentän leikkauskuva, s. 9

## Lähteet

1. Lappeenrannan kaupungin ympäristölautakunta. 21.9.1995. Jätelain 55 §:n mukainen päätös poikkeuksellisen tapahtuman johdosta syntyneen jätteen hävittämiseksi.
2. Itä-Suomen ympäristölupavirasto. 7.11.2003. Päätös.
3. Turtia, P. 4.4.2014. Mustolan sataman kemikaalikentän rakenteisiin sijoitetun alumiinikuonan riskinarviointi, liitteet. FCG Suunnittelu ja Tekniikka.
4. Turtia, P. 4.4.2014. Mustolan sataman kemikaalikentän rakenteisiin sijoitun alumiinikuonan riskinarviointi. FCG Suunnittelu ja Tekniikka.
5. Äijö, U. 23.5.2005. Mustolan Satama, Ympäristöluvan mukaiset sadevesihuollon tekniset suunnitelmat. Lappeenrannan kaupunki. Tekninen toimi.
6. Logistiikan maailma. Kontti.  
<http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Kontti>. Luettu 4.9.2014.
7. Salmelin, N. 2010. Saimaan kanava ja sen liikenne. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu. Logistiikan koulutusohjelma.
8. Lappeenrannan kaupunki, Satamalaitos. 10.3.2006. Mustolan sataman vuoden 2005 sadevesiverkoston vesitarkkailut ja ehdotus tarkkailusuunnitelmaksi.
9. Piutunen, S. 28.1.2014. Mustolan kuonakasan jatkotoimenpiteet. Kokousmuistio.
10. Talka, J. 24.2.2014. Mustolan haudatun alumiinikuonan jatkotoimenpiteiden suunnittelun aloituskokous. Kokousmuistio.
11. FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy. 16.10.2014. Mustolan satama, Kemikaalikentän suotovesikaivojen vesinäytteenotto. Vesiraportti.
12. Purso Oy. Alumiini - hyvä tietää. <http://www.purso.fi/fi/yritys/alumiini-info.html>. Luettu 8.10.2014.
13. EFSA. Publications. EFSA Journal. Safety of aluminium from dietary intake[1] - Scientific Opinion of the Panel on Food Additives, Flavourings, Processing Aids and Food Contact Materials (AFC).  
<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/754.htm>. Luettu 10.10.2014
14. EFSA. News & Events. News. EFSA Advises on the Safety of Aluminium in Food. <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/afc080715.htm>. Luettu 23.10.2014.

15. Terveysportti. Työterveyslääkäri -lehti 1/2003. Alumiinin terveysvaikutukset. [http://www.ebm-guidelines.com/dtk/shk/avaa?p\\_artikkeli=ttl00016](http://www.ebm-guidelines.com/dtk/shk/avaa?p_artikkeli=ttl00016). Luettu 8.10.2014.
16. Silvonen, H. 2011. Ammonium-, nitraatti- ja nitriittitypen pikamenetelmien testaus ja validointi jätevesinäytteille. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Laboratorioalan koulutusohjelma.
17. Seppälä, H. 2012. Fosforin kemiallinen saostaminen luonnonvesistä. Opinnäytetyö. Lahden ammattikorkeakoulu. Ympäristötekniikan koulutusohjelma.
18. Ramboll Analytics Oy. 11.8.2008. Kaatopaikkakelpoisuuslausunto.
19. Tekniikan tutkimuskeskus. 2012. Metalleilla pilaantuneiden maa-ainesten liukoisuusselvitykset. Tutkimusraportti.
20. Lounais-Suomen ympäristökeskus. 2009. Etelä- ja Länsi-Suomen jätesuunnittelu. Taustaraportti. Tuhkat ja kuonat.
21. Työterveyslaitos. Onnettomuuden vaaraa aiheuttavat aineet - turvallisuusohjeet. Alumiinikloridi. <http://www.ttl.fi/ova/alumiinikloridi.html>. Luettu 25.11.2014.
22. Silvonen, H. 2011. Siltojen maatumien vahvistaminen sementti-injektiolla. Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma.
23. Rakennustietosäätiö RTS. 2006. InfraRYL 2006 Osa 1 Väylät ja alueet. Rakennustieto Oy.